

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07307293 A**(43) Date of publication of application: **21.11.95**

(51) Int. Cl.

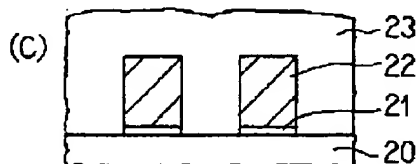
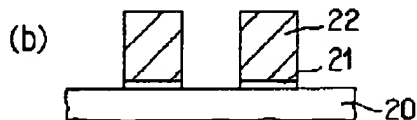
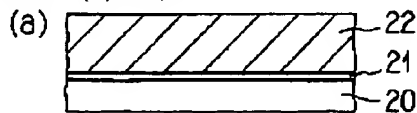
**H01L 21/205****C23C 16/50****H01L 21/31****H01L 21/316**(21) Application number: **06097631**(71) Applicant: **SONY CORP**(22) Date of filing: **11.05.94**(72) Inventor: **KADOMURA SHINGO**(54) **MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To reduce a residual hydroxyl group and organic matter in a film by keeping plasma density within a specified range by using a raw material gas mainly comprising an organic silane gas, steam, an oxygen-base gas and a fluorine-base gas and forming a silicon-oxide insulating film on a substrate to be treated.

**CONSTITUTION:** Both a barrier metal layer 21 functioning as an adhesive layer in combination and an Al metallization layer 22 are formed onto an inter-layer insulating film 20 on a semiconductor substrate through sputtering, etc. A resist mask is shaped by a chemical amplification resist and excimer laser lithography, and the Al metallization layer 22 and the barrier metal layer 21 functioning as the adhesive layer in combination are patterned. An SiOF inter-layer insulating film 23 is formed through a plasma CVD method using a plasma CVD device with a high-density plasma source capable of generating plasma density from  $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$  to  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$  by employing a raw material gas mainly comprising an organic silane gas such as TEOS, steam, an O gas and an F gas.



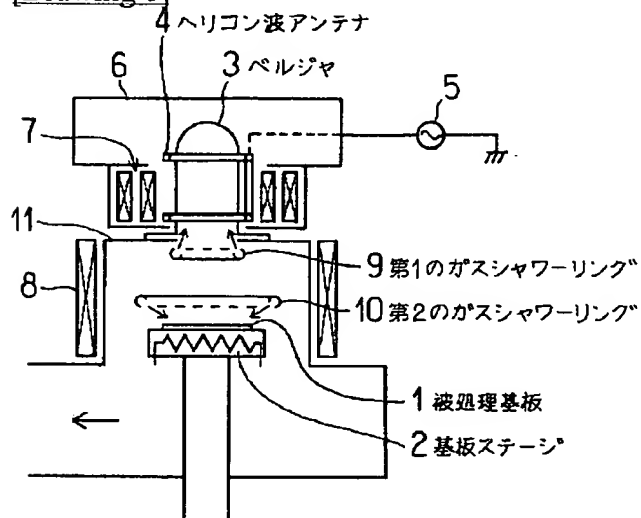
\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

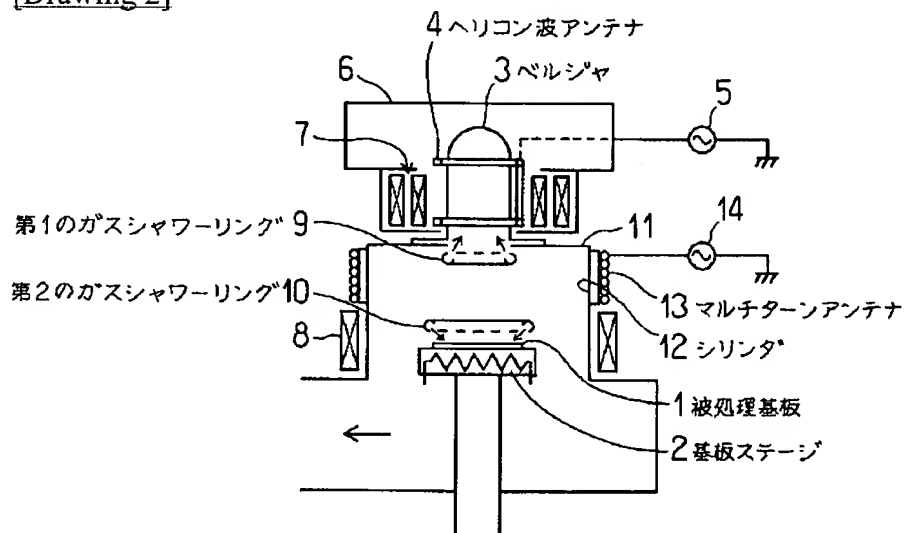
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

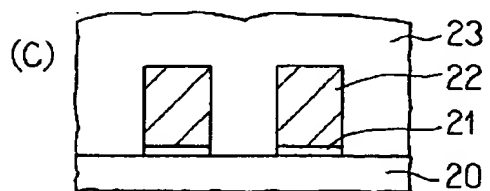
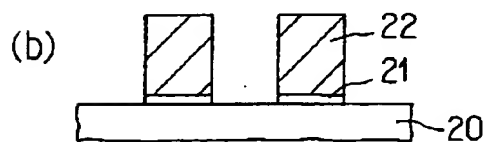
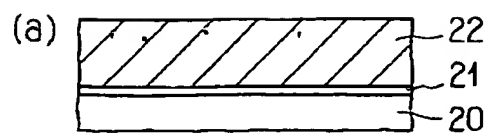
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline sectional view showing the example of a configuration of the helicon wave plasma-CVD equipment which this invention used example 1.

[Drawing 2] It is the outline sectional view showing the example of a configuration of the helicon wave plasma / ICP hybrid mold plasma-CVD equipment which this invention used example 2.

[Drawing 3] It is an outline sectional view explaining the process of the example 1 of this invention, and an example 2, and the condition in which (a) formed aluminum system metal wiring layer on the interlayer insulation film, the condition which carried out patterning of the (b) aluminum system metal wiring layer, and (c) are in the condition in which the flattening interlayer insulation film which consists of a silicon oxide system insulator layer was formed.

### [Description of Notations]

- 1 Processed Substrate
- 2 Substrate Stage
- 3 Bell Jar
- 4 Helicon Wave Antenna
- 5 Helicon Wave Plasma Power Source
- 6 Matching Network
- 7 Solenoid Coil Assembly
- 8 Multipole Antenna
- 9 1st Gas Shower Ring
- 10 2nd Gas Shower Ring
- 11 Processed Substrate
- 12 Cylinder
- 13 Multiturn Antenna
- 14 ICP Power Source
- 20 Interlayer Insulation Film
- 21 Barrier [ Adhesion Layer-cum-] Metal Layer
- 22 Aluminum System Metal Wiring Layer

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the manufacture approach of a semiconductor device including the process which forms the silicon oxide system insulator layer of a low dielectric constant excellent in membrane quality while it can be formed on the substrate of having a level difference and a crevice, in more detail about the manufacture approach of a semiconductor device and can obtain a flat front face.

[0002]

[Description of the Prior Art] High integration of semiconductor devices, such as LSI, progresses, it follows on the design rule being made detailed to the level of a subhalf micron to a quarter micron, and the pattern width of face of internal wiring is also being reduced. In order to maintain wiring resistance at low level on the other hand and to prevent delay and the various migration of signal propagation, adoption of wiring materials of low resistance, such as Cu, also needs to secure the cross section of wiring with last thing. That is, since the height of wiring is required to some extent, the aspect ratio of wiring is in the inclination of an increment.

[0003] In using this detailed wiring as a multilayer interconnection, it is necessary to repeat the process which forms a flattening interlayer insulation film on the level difference formed with lower layer wiring, or a crevice, secures a flat front face and forms the upper wiring on this. For this reason, the formation approach of an interlayer insulation film excellent in surface smoothness and membrane quality is one of the key processes of a highly-integrated semiconductor device.

[0004] The formation approach of various kinds of flattening interlayer insulation films is developed from before, for example, the total theory of these formation approach is carried by the 81-page month-long semiconductor world magazine (press journal company \*\*) November, 1989 issue. Among these, organic silane gas, such as TEOS (Tetraethyl orthosilicate or Tetraethoxy silane), and O<sub>2</sub> Or O<sub>3</sub> The insulator layer of the silicon oxide system by the CVD method made into material gas attracts attention as the so-called self flow process that a substrate level difference can be absorbed and a good step hippo ridge can be obtained at the time of membrane formation. Especially, according to plasma CVD, since reaction temperature can be lowered to about 400 degrees C, the use as an interlayer insulation film on aluminum system metal wiring is also becoming possible.

[0005] As further amelioration process of the step hippo ridge of the plasma-CVD interlayer insulation film which makes this TEOS material gas, the method of using gaseous H<sub>2</sub>O (steam) as an oxidizer is proposed by the collection p632 of the 38th applied-physics relation union lecture meeting (1991 spring annual conventions) lecture drafts, lecture number 29 p-V -8, and 29 p-V -9. this -- H<sub>2</sub>O and TEOS -- the inside of a gaseous phase -- a middle polymer -- building -- this -- the wiring material of a substrate, Si substrate, and SiO<sub>2</sub> etc. -- the front face of an insulator layer -- preferential -- adsorbing -- this adsorption side -- further -- a condensation polymerization reaction -- starting -- SiO<sub>2</sub> By using the surface reaction formed and its repeat, a substrate front face is undependable and improvement in a step hippo ridge is aimed at.

[0006] On the other hand, the fall of the parasitic capacitance by reduction of the specific inductive capacity of semantics to the interlayer insulation film which prevents delay of signal propagation within a semiconductor device is also an important problem. SiO<sub>2</sub> which is a general insulating material although polyimide, Oxygenation SiBN, etc. are conventionally examined as a low dielectric constant ingredient SiO<sub>x</sub> F<sub>y</sub> (it is described as Following SiOF) which added F attracts attention also from a viewpoint of the continuity of a membrane formation process. They are TEOS/O<sub>2</sub> / CF<sub>4</sub> as an example. The plasma-CVD approach by system material gas is 1993. Dry Process Symposium It is carried by the collection 163-page lecture number V-2 of drafts. According to this approach, it is CVD-SiO<sub>2</sub>. By making an insulator layer contain about [ 6at% ] F, it is supposed that specific inductive capacity can be reduced from about 4.1 to about 3.2.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the insulator layer by the formation approach mentioned above is not satisfied with all fields of many properties required of interlayer insulation films, such as membranous quality and a step hippo ridge. For example, H<sub>2</sub>O has the weak oxidation and many hydroxyl groups and organic components remain in the formed interlayer insulation film or a middle polymer. For this reason, the problem of contraction of the film resulting from the gas desorption out of an interlayer insulation film or this, generating of a crack, a pressure-proof fall, and after corrosion generating at the time of using aluminum system metal wiring further etc. remains.

[0008] Moreover, consideration is not paid to the step hippo ridge according [ SiOF mentioned above ] to structure control of an intermediate product, a gap philharmonic property, and a pan about reduction of residual carbon etc.

[0009] By the way, the applicant for this patent proposed the approach of raising the reaction rate of dehydration condensation by leaps and bounds by adding basic gas as a reaction catalyst in material gas in the Japanese-Patent-Application-No. No. 022197 [ five to ] specification for which it applied previously. Residual carbon was reduced, the resultant with the large molecular weight excellent in the self flow configuration was acquired, and this process enabled it to improve the step hippo ridge of an interlayer insulation film, while decreasing the hydroxyl group in the film.

[0010] the technical problem of this invention is offering the manufacture approach of a semiconductor device of having a silicon oxide system insulator layer with the flat side which had improved the technique further since each above-mentioned \*\*, and the residual hydroxyl group and the organic substance in the film were reduced by optimizing plasma-CVD conditions, and was moreover excellent in the self flow property.

[0011] When there are not gas desorption after membrane formation, contraction of the film accompanying this, generating of a crack, and a pressure-proof fall and aluminum system metal wiring is used further, even if other technical problems of this invention occur, they are offering the manufacture approach of a semiconductor device of having the silicon oxide system insulator layer excellent in dependability without fear of after corrosion generating.

[0012] Technical problem that this invention is still more nearly another is reducing the specific inductive capacity of an interlayer insulation film, and offering the manufacture approach of a high-speed semiconductor device with a small capacity between wiring. Technical problems other than the above of this invention are clarified by explanation of this application specification and an accompanying drawing.

[0013]

[Means for Solving the Problem] It proposes in order to solve the above-mentioned technical problem, and the material gas which makes a subject organic silane system gas, a steam, O system gas, and F system gas is used, and the manufacture approach of the semiconductor device of this invention is 1x10<sup>11</sup> /cm<sup>3</sup>. It is 1x10<sup>14</sup> /cm<sup>3</sup> above. By the plasma-CVD method using the plasma-CVD equipment which has the plasma generation source which may generate the plasma consistency of the following, a silicon oxide system insulator layer is formed on a processed substrate.

[0014] 1x10<sup>11</sup> /cm<sup>3</sup> It is 1x10<sup>14</sup> /cm<sup>3</sup> above. As plasma-CVD equipment which has the plasma generation source which may generate the plasma consistency of the following, a helicon wave plasma (Helicon Wave Plasma) CVD system, an ICP (Inductively Coupled Plasma) CVD system, a TCP (Transformer Coupled Plasma) CVD system, ECR (Electron Cyclotron Resonance) plasma-CVD equipment, etc. can be illustrated. Although the technical explanation about each [ these ] high density plasma equipment is omitted since it is explained by each technical report etc. in full detail, it is carried by the 59-page month-long semiconductor world magazine (press journal company \*\*) October, 1992 issue as a total theory.

[0015] When the above-mentioned plasma-CVD equipment performs plasma CVD, organic silane system gas and a steam are supplied with a gas supply ring etc. near the processed substrate, and, as for O system gas and F system gas, it is desirable to supply the plasma generating Gennai section.

[0016] It is desirable to add basic gas further to material gas. In this case, as for basic gas, it is desirable to supply with a gas supply ring etc. near the processed substrate with organic silane system gas and a steam.

[0017]

[Function] The point of this invention uses the material gas which makes a subject organic silane system gas, a steam, O system gas, and F system gas, such as TEOS, and is 1x10<sup>11</sup> /cm<sup>3</sup>. It is 1x10<sup>14</sup> /cm<sup>3</sup> above. It is in the point which forms a silicon oxide system insulator layer on a processed substrate by the plasma-CVD method using the plasma-CVD equipment which has the high density plasma generation source which may generate the plasma consistency of the following.

[0018] (RO)<sub>3</sub>-Si-(RO) which the process by the TEOS/H<sub>2</sub>O system carries out the vapor phase polymerization of TEOS, i.e., the (RO)<sub>4</sub>-Si, beforehand, and is a dimer as stated previously --) -- three The surface migration and surface reaction on a substrate are controlled by forming the high order polymer in the trimer pan, and supplying the processed substrate which had these middle polymer heated. In addition, in an alkoxy group and TEOS, RO- shall

show an ethoxy radical. Thus, the vapor phase polymerization of the TEOS is carried out, the structure of an intermediate product is controlled, and it is CO<sub>2</sub> about alkyl group R- and alkoxy group RO- of the one section. By carrying out oxidation removal in the form of H<sub>2</sub>O, it is n (-Si-O-Si-). A siloxane network is formed more smoothly. [0019] However, oxidizing power is weak and, as for H<sub>2</sub>O, the hydroxyl group in the film and survival of H<sub>2</sub>O are regarded as questionable. By adding F system gas, this invention uses the reaction which draws out these -OH radical or H<sub>2</sub>O to H in the form of HF. In addition, O system gas is added separately and the oxidizing power of a steam is compensated. Furthermore, by using a high density plasma generation source, dissociation of material gas is promoted and -OH radical and the H drawing effectiveness from H<sub>2</sub>O are put into practice. In addition, the mechanism of the reduction in the dielectric constant of the silicon oxide system insulator layer by Si-F bonding by F system gas addition itself is not different from the former.

[0020] Although this invention makes the operation raised above fundamental technical thought, the approach of adding basic gas further in material gas is proposed for much more improvement in membraneous. This is a cure to the concern which dissociation of organic silane system gas becomes excessive by the high density plasma generation source, and the residual carbon in the film increases. Namely, NH<sub>3</sub> The basic gas made into the start is N\* which carries out dissociation generation into the plasma while acting in catalyst and raising an organic silane system dehydration-of-gas condensation reaction rate. The residual carbon in the film is sharply reduced according to the drawing effectiveness of the carbon to twist.

[0021] Synthesis of each operation described above enables it to form the SiOF system insulator layer with few contents of the residual hydroxyl group in the film, or H<sub>2</sub>O and carbon which was moreover excellent in a step hippo ridge or the gap philharmonic engine performance.

[0022] By the way, the parallel monotonous mold plasma-CVD equipment generally conventionally adopted as plasma-CVD equipment is 1x10<sup>9</sup> / cm<sup>3</sup> as a plasma consistency. Even if it is magnetron mold equipment which uses a base and a field together, it is 1x10<sup>10</sup> / cm<sup>3</sup>. It is the plasma consistency of order and is inadequate in respect of a plasma consistency or the dissociation effectiveness of material gas. However, if the material gas which added basic gas to organic silane system gas / steam / O system gas / F system gas, or this is used based on the meaning of this invention, it is possible to obtain the membraneous quality superior to the silicon oxide system insulator layer by the conventional gas system.

[0023] On the other hand about the upper limit of a plasma consistency, there are feed gas pressure force and close relation, and it sets to the 10-1Pa base gas pressure which is the main working pressure of the plasma-CVD equipment which has the high density plasma generation source adopted by this invention, and is 1x10<sup>14</sup> / cm<sup>3</sup>. A plasma consistency is a value almost near full dissociation.

[0024]

[Example] Hereafter, it explains, referring to a drawing per concrete example of this invention.

[0025] With reference to the outline sectional view shown in drawing 1, it explains about the example of 1 configuration of the helicon wave plasma-CVD equipment used by this example at the beginning of example 1.

[0026] A helicon wave plasma generation source consists of the helicon wave antenna 4 which goes around the bell jar 3 which consists of a quartz or an alumina, a helicon wave plasma power source 5, a matching network 6, and solenoid coil assembly 7 grade. Among these, the solenoid coil assembly 7 consists of an inner circumference coil contributed to propagation of a helicon wave, and a periphery coil contributed to transportation of the generated plasma. Each of the substrate stage 2 which laid the processed substrate 1 in the CVD chamber 11, the 2nd about one processed substrate gas shower ring 10, and the 1st gas shower ring 9 directly under a plasma generation source is arranged for a shaft to a bell jar 3. Two or more nozzles which carry out raw gas jet towards the inside of a bell jar 3 are carrying out opening of this 1st gas shower ring 9. In addition, when arranging matching NETTOWWAKU 6 in the side face of a bell jar 3, a nozzle may be prepared in bell jar 3 crowning, and the 1st gas may be supplied from here. The substrate stage 2 may have the temperature control means, the substrate bias impression means, etc. 8 is a multipole magnet which controls the emission field in the etching chamber 11. According to this equipment, it is 10<sup>13</sup> / cm<sup>3</sup> by the structure property of the helicon wave antenna 4. The plasma CVD using the high density plasma of order is possible. In addition, in this drawing, equipment details, such as a vacuum pump, a gate valve, and a conveyance system, omit illustration.

[0027] The above-mentioned plasma-CVD equipment is used for this example, and it is TEOS/H<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>. It is the example which used as material gas and formed the interlayer insulation film on aluminum system metal wiring, and this is explained with reference to drawing 3 (a) - (c).

[0028] Both the barrier [ an adhesion layer-cum-] metal layer 21 which consists of Ti/TiN etc., and aluminum system metal wiring layer 22 by aluminum-1%Si etc. are formed by sputtering etc. on the interlayer insulation film 20 on semi-conductor substrates, such as Si which is not illustrated probably. The connection hole which attends the impurity diffused layer formed in semi-conductor substrates, such as Si, and which is not illustrated may be formed in

the interlayer insulation film 20. in addition, the thickness of the barrier [ an adhesion layer-cum-] metal layer 21 -- Ti layer is [ 30nm and the TiN layer of the thickness of a total of 70nm and aluminum system metal wiring layer 22 ] 500nm as an example in 40nm as an example. This condition is drawing 3 (a).

[0029] Next, a resist mask is formed with a chemistry magnification mold resist and excimer laser lithography, and they are BC13 / Cl2. By Cl system gas, such as mixed gas, patterning of aluminum system metal wiring layer 22 and the barrier [ an adhesion layer-cum-] metal layer 21 is carried out. Both pattern width of face and tooth-space width of face are 0.35 micrometers as an example. In addition, if the acid-resisting layer which consists of SiON etc. is formed on aluminum system metal wiring layer 22, the precision of lithography will improve. This condition is drawing 3 (b).

[0030] It lays in the substrate stage 2 of the helicon wave plasma-CVD equipment which shows the processed substrate 1 of the condition of drawing 3 (b) to drawing 1 , and the SiOF system interlayer insulation film 23 is formed according to the following conditions as an example. The condition after formation is drawing 3 (c).

It is TEOS from the 2nd gas shower ring 10. 20 sccmH<sub>2</sub> O (steam) 50 It is C two F6 from the gas shower ring 9 of sccm1st. 20 sccmO<sub>2</sub> 50 sccm gas pressure 0.13 Pa helicon wave plasma power-source power 2500 W (13.56MHz)

[0031] C two F6 first supplied from the 1st gas shower ring 9 by discharge in a helicon wave plasma generation source in the above-mentioned plasma-CVD process O<sub>2</sub> The high density plasma which dissociates and contains a lot of active species of O and F forms. This high density plasma is conveyed to the CVD chamber 11 in accordance with the field which the periphery coil of the solenoid coil assembly 7 forms. On the other hand, TEOS/H<sub>2</sub> O supplied from the 2nd gas shower ring 10 generates a middle polymer effectively in a gaseous phase by the high density plasma, and this middle polymer is deposited on a processed substrate with my great \*\*. While a part of active species of F in the plasma is incorporated in the deposition film at this time, - OH radical in the deposition film or H<sub>2</sub> O to H is drawn out in the form of HF, and a SiOF insulator layer is formed, improving membranous quality. According to this example, it is C two F6. According to the H<sub>2</sub> O addition effectiveness and the synergistic effect of the high density plasma by the helicon wave plasma generation source, the interlayer insulation film of a low dielectric constant excellent in self flow nature with few hydroxyl groups and organic components can be formed.

[0032] Example 2 this example is an example which formed the silicon oxide system insulator layer using the plasma-CVD equipment of the hybrid mold which has a helicon wave plasma generation source and an ICP (InductivelyCoupled Plasma) generation source, and is explained with reference to the outline sectional view shown about the example of 1 configuration of this plasma-CVD equipment at drawing 2 for beginning.

[0033] Since this equipment is the same configuration as fundamentally as the helicon wave plasma-CVD equipment used in the example 1, it shall be limited to explanation of only the description part and shall give the same reference number as drawing 1 to the part of the same function. The description part of this equipment shown in drawing 2 is in the point which constituted the side attachment wall of the CVD chamber 11 upper part from a cylinder 12 which consists of dielectric materials, such as a quartz, and wound this periphery with the large-sized multiturn antenna 13. 14 is an ICP power source which supplies power to the multiturn antenna 13. A bell jar 3 and a cylinder 12 are constituted for a shaft to both the medial axes of the processed substrate 1. Therefore, while the field which the multiturn antenna 13 generates pulls out efficiently the helicon wave plasma emitted from a bell jar 3, this is shut up, the reaction of cylinder 12 and CVD chamber 11 wall and active species is controlled, and it is two to 5x10<sup>13</sup> /cm<sup>3</sup> to a processed substrate. It is possible to give uniform plasma CVD by the high density plasma.

[0034] The above-mentioned plasma-CVD equipment is used in this example, and they are TEOS/H<sub>2</sub> O/NH<sub>3</sub> / O<sub>2</sub> / C two F6. It is the example which used as material gas and formed the interlayer insulation film on aluminum system metal wiring, and, similarly this is explained with reference to drawing 3 (a) - (c).

[0035] Since the processed substrate shown in drawing 3 (a) and drawing 3 (b) is the same as an example 1, explanation is omitted. It sets on the substrate stage 2 of the plasma-CVD equipment which shows this processed substrate 1 to drawing 2 , and the SiOF system interlayer insulation film 23 is formed according to the following conditions as an example. The condition after formation is drawing 3 (c).

From the 2nd gas shower ring 10, TEOS 20 sccmH<sub>2</sub> O (steam) 50 sccmNH<sub>3</sub> 20 From the gas shower ring 9 of sccm1st, C two F6 20 sccmO<sub>2</sub> 50 sccm gas pressure 0.13 Pa helicon wave plasma power-source power 2500W (13.56MHz)

ICP power-source power 900 W (2MHz)

[0036] C two F6 first supplied from the 1st gas shower ring 9 by discharge in a helicon wave plasma generation source in the above-mentioned plasma-CVD process O<sub>2</sub> The high density plasma which dissociates and contains a lot of active species of O and F is formed. The field which the field and the multiturn antenna 13 which the periphery coil of the solenoid coil assembly 7 forms generate conveys this high density plasma to the CVD chamber 11. On the other hand, TEOS/H<sub>2</sub> O supplied from the 2nd gas shower ring 10 generates a middle polymer effectively in a gaseous phase by the high density plasma, and this middle polymer is deposited on a processed substrate with my



great \*\*. While a part of active species of F in the plasma is incorporated in the deposition film at this time, the reaction which draws out - OH radical in the deposition film or H<sub>2</sub>O to H in the form of HF is promoted. On the other hand, it is NH<sub>3</sub>. N\* which carries out dissociation generation into the plasma while raising the dehydration condensation reaction rate of TEOS. It participates in the abstraction reaction of the carbon to twist, and a SiOF insulator layer is formed, improving membrane quality. According to this example, it is C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>O, and NH<sub>3</sub>. According to the addition effectiveness and the synergistic effect of the high density plasma by the helicon wave plasma / ICP hybrid mold plasma generation source, the interlayer insulation film of a low dielectric constant excellent in a hydroxyl group, residual carbon, and self flow nature with few organic components can be formed.

[0037] As mentioned above, although this invention was explained with the example of two examples, this invention is not limited to these examples at all.

[0038] It is Tetramethyl although TEOS was illustrated as organic silane system gas. orthosilicate (TMOS), Diacetoxysilane (DADBS), Tetraethyl silane (TES), Tetramethyl Other organic silane system gas, such as silane (TMS), can be used suitably. moreover, these organic silane system gas -- SiH<sub>4</sub> and Si two H<sub>6</sub> etc. -- the silane gas of an inorganic system may be added.

[0039] Moreover, PH<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, and AsH<sub>3</sub> It is also possible to add impurity source gas, such as Trimethylphosphate (TMP) and Trimethylborate (TMB), and to form silicate glass, such as PSG, BSG, BPSG, and AsSG.

[0040] as basic gas -- NH<sub>3</sub> although illustrated -- Hydrazine (N two H<sub>2</sub>), the derivative and CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>, and NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub> etc. -- it is also possible to use alkylamine.

[0041] as F system gas -- C two F<sub>6</sub> although used -- CF<sub>4</sub>, C three F<sub>8</sub>, and SiF<sub>4</sub> NF<sub>3</sub> etc. -- the gas which can generate the active species of F can be used into the plasma.

[0042] in addition -- as dilution gas -- rare gas, such as helium and Ar, and NO<sub>2</sub> of further others O<sub>3</sub> etc. -- an oxidizer may be mixed and used.

[0043] Although the helicon wave plasma and the helicon wave plasma / ICP hybrid system was illustrated as a high density plasma generation source, otherwise, they are 1x10<sup>11</sup> - /cm<sup>3</sup>, such as TCP and ECR plasma. It is 1x10<sup>14</sup> - /cm<sup>3</sup> above. The plasma generation source which may generate the plasma consistency of the following may be used for arbitration.

[0044] Although the above-mentioned example was illustrated about the case where the interlayer insulation film on aluminum system metal wiring is formed, it cannot be overemphasized that it can apply when using other wiring material layers, such as polish recon, and silicide, a refractory metal, or when embedding evenly [ there is still no generating of trench isolation of a void, and ] when using as last passivation film, either.

[0045]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effectiveness is acquired using the material gas which makes a subject organic silane system gas, H<sub>2</sub>O, O system gas, and F system gas by forming a silicon oxide system insulator layer by the high density plasma-CVD method so that clearly from the above explanation.

[0046] That is, if there are little residual hydroxyl group in the film, and H<sub>2</sub>O and the organic substance, they can form the silicon oxide system insulator layer excellent in the self flow property and add basic gas further again as compared with the conventional CVD method, reduction of the residual carbon in the film will be attained. The silicon oxide system insulator layer formed is SiOF low dielectric constant film including Si-F association.

[0047] the high-speed device with which the capacity between wiring was reduced according to such effectiveness while it was possible to have embedded without generating of a void even in a detailed level difference crevice 0.5 micrometers or less -- dependability -- it became possible to manufacture highly. Since the formed silicon oxide system insulator layer has neither film contraction nor generating of a crack, also when aluminum system metal wiring is used, there is no fear of generating of an after corrosion or migration.

[0048] The effectiveness that become possible to raise the dependability of the flattening interlayer insulation film of the semiconductor device which has a high rank difference by multiple use of a multilayer interconnection etc. according to the above effectiveness, and this invention does so in the manufacture process of a high performance semiconductor device based on a detailed design rule is very large.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The material gas which makes a subject organic silane system gas, a steam, O system gas, and F system gas is used, and it is  $1 \times 10^{11}$  -/cm<sup>3</sup>. It is  $1 \times 10^{14}$  -/cm<sup>3</sup> above. The manufacture approach of a semiconductor device characterized by having the process which forms a silicon oxide system insulator layer on a processed substrate by the plasma-CVD method using the plasma-CVD equipment which has the plasma generation source which may generate the plasma consistency of the following.

[Claim 2] It is the manufacture approach of a semiconductor device according to claim 1 which supplies organic silane system gas and a steam near the processed substrate, and is characterized by supplying O system gas and F system gas to the plasma generating Gennai section.

[Claim 3] The manufacture approach of a semiconductor device according to claim 1 characterized by adding basic gas further to material gas.

[Claim 4] It is the manufacture approach of a semiconductor device according to claim 3 which supplies organic silane system gas, a steam, and basic gas near the processed substrate, and is characterized by supplying O system gas and F system gas to the plasma generating Gennai section.

[Claim 5] Basic gas is NH<sub>3</sub>, N two H<sub>4</sub>, and N two H<sub>4</sub>. The manufacture approach of a semiconductor device according to claim 3 characterized by being at least one sort chosen from the group which consists of a derivative and alkylamine.

---

[Translation done.]

## **JP07307293**

Publication Title:

No title available

Abstract:

Abstract not available for JP07307293

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

H 0 1 L 21/31

21/316

X

H 0 1 L 21/ 31

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平6-97631

(22) 出願日

平成6年(1994)5月11日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高橋 光男

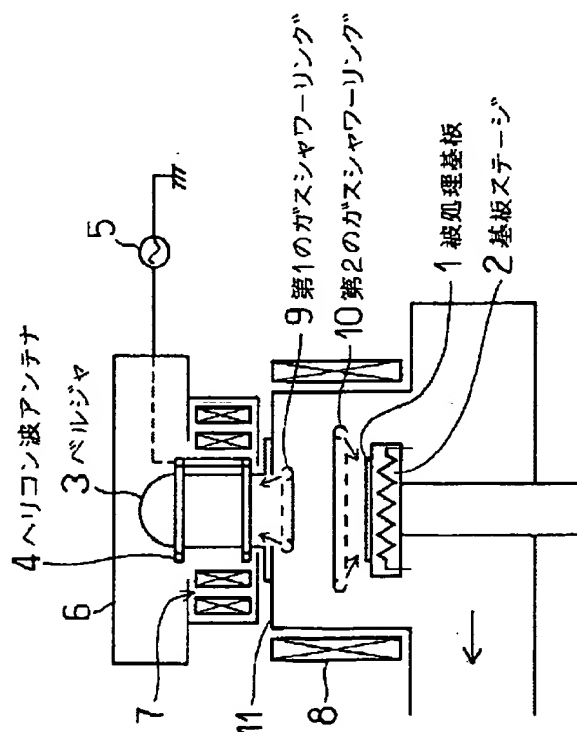
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 有機シラン系ガスによるCVD法により、残留水酸基や有機成分が低減され、セルフフロー特性に優れたSiOF系低誘電率層間絶縁膜有する半導体装置の製造方法を提供する。

【構成】 ヘリコン波プラズマCVD装置等高密度プラズマを発生しうるプラズマCVD装置を用い、第1のガスシャワーリング9からはO系ガスとF系ガスを、第2のガスシャワーリング10からTEOSとH<sub>2</sub>Oを供給する。

【効果】 酸化・脱水反応の促進および中間重合体構造の制御により、膜質の優れた低誘電率平坦化層間絶縁膜の形成が可能となる。塩基性ガスをさらに添加すれば、その触媒作用によりこの効果は一層徹底される。これらの効果により、配線容量が低減された信頼性の高い半導体装置の製造が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11}$  /  $\text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{14}$  /  $\text{cm}^3$  未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程を有することを特徴とする、半導体装置の製造方法。

【請求項2】 有機シラン系ガスおよび水蒸気は被処理基板近傍に供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することを特徴とする、請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 原料ガスに更に塩基性ガスを添加することを特徴とする、請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 有機シラン系ガス、水蒸気および塩基性ガスは被処理基板近傍に供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することを特徴とする、請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 塩基性ガスは、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{H}_4$ 、 $\text{N}_2\text{H}$ 、誘導体およびアルキルアミンからなる群から選ばれた少なくとも1種であることを特徴とする、請求項3記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造方法に関し、更に詳しくは段差や凹部を有する下地上に形成して平坦な表面を得ることができるとともに、膜質に優れた低誘電率の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置の高集積化が進展し、そのデザインルールがサブハーフミクロンからクォータミクロンのレベルへと微細化されるに伴い、内部配線のパターン幅も縮小されつつある。一方配線抵抗を低いレベルに保ち信号伝播の遅延や各種マイグレーションを防止するには、Cu等低抵抗の配線材料の採用もさることながら、配線の断面積を確保することが必要である。すなわち配線の高さはある程度必要であることから、配線のアスペクト比は増加の傾向にある。

【0003】 かかる微細配線を多層配線として用いる場合には、下層配線により形成された段差や凹部上に平坦化層間絶縁膜を形成してフラットな表面を確保し、この上に上層配線を形成するプロセスを繰り返すことが必要となる。このため平坦性と膜質にすぐれた層間絶縁膜の形成方法が高集積度半導体装置のキープロセスの1つとなっている。

【0004】 従来より各種の平坦化層間絶縁膜の形成方法が開発されており、例えば月間セミコンダクター・ワールド誌（プレスジャーナル社刊）1989年11月号

81ページにはこれら形成方法の総説が掲載されている。このうち、TEOS (Tetraethyl orthosilicate、あるいは Tetraethoxy silane) 等の有機シランガスと、 $\text{O}_2$  または  $\text{O}$  とを原料ガスとしたCVD法による酸化シリコン系の絶縁膜は、成膜時に下地段差を吸収して良好なステップカバリッジを得ることができるといわれるセルフフロープロセスとして注目されている。中でもプラズマCVDによれば、 $400^\circ\text{C}$ 程度迄反応温度を下げられることから、Al系金属配線上の層間絶縁膜としての利用も可能となりつつある。

【0005】 このTEOSを原料ガスとするプラズマCVD層間絶縁膜のステップカバリッジの更なる改良プロセスとして、気体の $\text{H}_2\text{O}$ （水蒸気）を酸化剤として用いる方法が第38回応用物理学関係連合講演会（1991年春期年会）講演予稿集p632、講演番号29p-V-8及び29p-V-9に提案されている。これは $\text{H}_2\text{O}$ とTEOSが気相中で中間重合体をつくり、これが下地の配線材料やSi基板、 $\text{SiO}_2$ 等の絶縁膜の表面に優先的に吸着し、この吸着面でさらに縮重合反応を起こして $\text{SiO}_2$ が形成される表面反応およびその繰り返しを利用することにより、下地表面の依存性なくステップカバリッジの向上を図るものである。

【0006】 一方、半導体装置内での信号伝播の遅延を防止する意味から、層間絶縁膜の比誘電率の低減による寄生容量の低下も重要課題である。従来より低誘電率材料としてポリイミドや酸素添加SiBN等が検討されているが、一般的な絶縁材料である $\text{SiO}_2$ にFを添加した $\text{SiO}_x\text{F}_y$ （以下 $\text{SiOF}$ と記す）は、成膜プロセスの連続性という観点からも注目されている。一例としてTEOS/ $\text{O}_2$ / $\text{CF}_4$ 系原料ガスによるプラズマCVD方法が1993 Dry Process Symposium 予稿集163ページ講演番号V-2に掲載されている。この方法によれば、CVD- $\text{SiO}_2$ 絶縁膜に6at%程度のFを含有させることにより、比誘電率を4.1程度から3.2程度まで低減できるとしている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上述した形成方法による絶縁膜は、膜質やステップカバリッジ等層間絶縁膜に要求される諸特性をすべての面で満足している訳ではない。例えば、 $\text{H}_2\text{O}$ は酸化作用が弱く、形成された層間絶縁膜や中間重合体中に水酸基や有機成分が多く残留する。このため層間絶縁膜中からのガス脱離やこれに起因する膜の収縮やクラックの発生、耐圧の低下、さらにはAl系金属配線を使用した場合のアフターコロージョン発生の問題等が残る。

【0008】 また上述した $\text{SiOF}$ は中間生成物の構造制御によるステップカバリッジやギャップフィル特性、さらに残留カーボンの低減等に関しては配慮が払われて

いない。

【0009】ところで、本願出願人は先に出願した特願平5-022197号明細書において、原料ガス中に反応触媒として塩基性ガスを添加することにより、脱水縮合の反応速度を飛躍的に高める方法を提案した。このプロセスにより、膜中の水酸基を減少するとともに、残留カーボンを低減し、セルフフロー形状に優れた分子量の大きい反応生成物を得て、層間絶縁膜のステップカバリッジを向上することが可能となった。

【0010】本発明の課題は上記各従来技術を更に改良し、プラズマCVD条件を最適化することにより膜中の残留水酸基や有機物が低減され、しかもセルフフロー特性に優れた平坦面を持つ酸化シリコン系絶縁膜を有する半導体装置の製造方法を提供することである。

【0011】本発明の他の課題は成膜後のガス脱離やこれに伴う膜の収縮やクラックの発生、耐圧の低下がなく、さらにはAl系金属配線を用いた場合にあってはアフターコロージョン発生の虞のない、信頼性に優れた酸化シリコン系絶縁膜を有する半導体装置の製造方法を提供することである。

【0012】さらに本発明の別の課題は層間絶縁膜の比誘電率を低減し、配線間容量の小さい高速半導体装置の製造方法を提供することである。本発明の上記以外の課題は、本願明細書および添付図面の説明により明らかにされる。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、上記の課題を解決するために提案するものであり、有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$  未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成するものである。

【0014】 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$  未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置としては、ヘリコン波プラズマ(Helicon Wave Plasma) CVD装置、ICP(Inductively Coupled Plasma) CVD装置、TCP(Transformer Coupled Plasma) CVD装置、ECR(Electron Cyclotron Resonance)プラズマCVD装置等を例示できる。これら各高密度プラズマ装置についての技術的説明は、個々の技術リポート等に詳述されているので省略するが、総説としては月間セミコンダクターワールド誌(プレスジャーナル社刊)1992年10月号59ページに掲載されている。

【0015】上記プラズマCVD装置によりプラズマCVDを行う場合、有機シラン系ガスおよび水蒸気は被処

理基板近傍にガス供給リング等により供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することが望ましい。

【0016】原料ガスには更に塩基性ガスを添加することが望ましい。この場合、塩基性ガスは有機シラン系ガス、水蒸気とともに被処理基板近傍にガス供給リング等により供給することが望ましい。

#### 【0017】

【作用】本発明のポイントは、TEOS等の有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$  未満のプラズマ密度を発生しうる高密度プラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成する点にある。

【0018】先に述べたように、TEOS/H<sub>2</sub>O系によるプロセスは、TEOSすなわち(RO)<sub>4</sub>-Siを予め気相重合させ、2量体である(RO)<sub>2</sub>-Si-(RO)<sub>2</sub>や3量体さらに高次の重合体を形成しておき、これら中間重合体を加熱された被処理基板に供給することにより、基板上での表面マイグレーションや表面反応を制御するのである。なおRO-はアルコキシ基、TEOSの場合にはエトキシ基を示すものとする。このようにTEOSを気相重合させ中間生成物の構造を制御し、1部のアルキル基R-やアルコキシ基RO-をCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>Oの形で酸化除去しておくことにより、(-Si-O-Si-)のシロキサンネットワークがよりスムーズに形成される。

【0019】しかしながら、H<sub>2</sub>Oは酸化力が弱く膜中の水酸基やH<sub>2</sub>Oの残存が問題視されている。本発明はF系ガスを添加することにより、これら-OH基やH<sub>2</sub>OからHをHFの形で引き抜く反応を利用する。これに加え別途O系ガスを添加し、水蒸気の酸化力を補うのである。さらに、高密度プラズマ発生源を用いることにより、原料ガスの解離を促進し-OH基やH<sub>2</sub>OからのH引き抜き効果が徹底される。なおF系ガス添加によるSi-F結合形成による酸化シリコン系絶縁膜の低誘電率化のメカニズムそのものは従来と変わることはない。

【0020】本発明は以上にあげた作用を基本的な技術思想とするが、より一層の膜質向上のため、原料ガス中にさらに塩基性ガスを添加する方法を提案する。これは、高密度プラズマ発生源により有機シラン系ガスの解離が過度となり、膜中の残存カーボンが増加する懸念に対する対策である。すなわち、NH<sub>3</sub>をはじめとする塩基性ガスは触媒的に作用し、有機シラン系ガスの脱水縮合反応速度を高めるとともに、プラズマ中に解離生成するN<sup>+</sup>によるカーボンの引き抜き効果により膜中の残存カーボンを大幅に低減するのである。

【0021】以上述べた各作用の総合により、膜中の残存水酸基やH<sub>2</sub>O、カーボンの含有量の少ない、しかも

ステップカバリッジやギャップフィル性能に優れたSiOF系絶縁膜を形成することが可能となる。

【0022】ところで、従来一般的にプラズマCVD装置として採用されている平行平板型プラズマCVD装置は、プラズマ密度として $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$  台、磁界を併用するマグネトロン型装置であっても $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  オーダのプラズマ密度であり、プラズマ密度や原料ガスの解離効率の点で不十分である。しかし本発明の趣旨に基づき、有機シラン系ガス/水蒸気/O系ガス/F系ガスないしはこれに塩基性ガスを添加した原料ガスを

用いれば、従来のガス系による酸化シリコン系絶縁膜よりは優れた膜質を得ることが可能である。

【0023】一方、プラズマ密度の上限値については原料ガス圧力と密接な関連があり、本発明で採用する高密度プラズマ発生源を有するプラズマCVD装置の主たる動作圧力である $10^{-1} \text{ Pa}$  台ガス圧力においては、 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$  のプラズマ密度はほぼ完全解離に近い値である。

【0024】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき図面を参照しながら説明する。

【0025】実施例1

始めに本実施例で用いるヘリコン波プラズマCVD装置の一構成例につき、図1に示す概略断面図を参照して説明する。

【0026】ヘリコン波プラズマ発生源は、石英またはアルミナ等からなるベルジャ3を周回するヘリコン波アンテナ4、ヘリコン波プラズマ電源5、マッチングネットワーク6およびソレノイドコイルアセンブリ7等から構成する。このうちソレノイドコイルアセンブリ7は、ヘリコン波の伝播に寄与する内周コイルと、生成したプラズマの輸送に寄与する外周コイルからなる。CVDチャンバ11内には被処理基板1を載置した基板ステージ2、被処理基板1近傍の第2のガスシャワーリング10およびプラズマ発生源直下の第1のガスシャワーリング9の各々をベルジャ3に対し軸対象に配置する。この第1のガスシャワーリング9は、ベルジャ3内に向け処理ガス噴出する複数のノズルが開口している。なおマッチングネットワーク6をベルジャ3の側面に配設する場合には、ベルジャ3頂部にノズルを設け、ここから第1のガスを供給してもよい。基板ステージ2は温度制御手段、基板バイアス印加手段等を有していてもよい。8はエッチングチャンバ11内の発散磁界を制御するマルチポール磁石である。本装置によれば、ヘリコン波アンテナ4の構造特性により、 $10^{13} / \text{cm}^3$  オーダの高密度プラズマを用いたプラズマCVDが可能である。なお同図では真空ポンプ、ゲートバルブ、搬送系等の装置細部は図示を省略する。

【0027】本実施例は、上記プラズマCVD装置を用い、TEOS/H<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>を原料ガスとし

て用いてAl系金属配線上の層間絶縁膜を形成した例であり、これを図3(a)～(c)を参照して説明する。

【0028】まず図示しないSi等の半導体基板上の層間絶縁膜20上にTi/TiN等からなる密着層兼バリアメタル層21とAl-1%Si等によるAl系金属配線層22と共にスパッタリング等で形成する。層間絶縁膜20には、Si等の半導体基板に形成された不純物拡散層に臨む、図示しない接続孔が形成されていてもよい。なお密着層兼バリアメタル層21の厚さは一例としてTi層が30nm、TiN層が40nmで合計70nm、Al系金属配線層22の厚さは一例として500nmである。この状態が図3(a)である。

【0029】つぎに化学増幅型レジストとエキシマレーザリソグラフィによりレジストマスクを形成し、BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>混合ガス等のCl系ガスにより、Al系金属配線層22と密着層兼バリアメタル層21をパターンニングする。パターン幅、スペース幅は共に一例として0.35μmである。なおAl系金属配線層22上にSiON等からなる反射防止層を形成しておけば、リソグラフィの精度が向上する。この状態が図3(b)である。

【0030】図3(b)の状態の被処理基板1を図1に示すヘリコン波プラズマCVD装置の基板ステージ2に載置し、一例として下記条件によりSiOF系層間絶縁膜23を形成する。形成後の状態が図3(c)である。

第2のガスシャワーリング10より

TEOS 20 sccm

H<sub>2</sub>O(水蒸気) 50 sccm

第1のガスシャワーリング9より

C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 20 sccm

O<sub>2</sub> 50 sccm

ガス圧力 0.13 Pa

ヘリコン波プラズマ電源パワー 2500 W(13.56MHz)

【0031】上記プラズマCVD過程においては、まずヘリコン波プラズマ発生源での放電により、第1のガスシャワーリング9から供給するC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>とO<sub>2</sub>が解離して多量のOおよびFの活性種を含む高密度プラズマが形成する。この高密度プラズマを、ソレノイドコイルアセンブリ7の外周コイルが形成する磁界に沿ってCVDチャンバ11に輸送する。一方、第2のガスシャワーリング10から供給するTEOS/H<sub>2</sub>Oは、高密度プラズマにより気相中で効果的に中間重合体を生成し、この中間重合体はマイグレートしながら被処理基板上に堆積する。このとき、プラズマ中のFの活性種は一部堆積膜中に取り込まれるとともに、堆積膜中の-OH基やH<sub>2</sub>OからHをHFの形で引き抜き、膜質を改善しながらSiOF絶縁膜を形成する。本実施例によれば、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>とH<sub>2</sub>O添加効果およびヘリコン波プラズマ発生源による高密度プラズマの相乗効果により、水酸基や有機成分の少ないセルフフロー性に優れた低誘電率の層間絶縁膜

が形成できる。

#### 【0032】実施例2

本実施例は、ヘリコン波プラズマ発生源とICP (Inductively Coupled Plasma) 発生源を有するハイブリッド型のプラズマCVD装置を用いて酸化シリコン系絶縁膜を形成した例であり、始めにこのプラズマCVD装置の一構成例につき、図2に示す概略断面図を参照して説明する。

【0033】本装置は実施例1で用いたヘリコン波プラズマCVD装置と基本的には同じ構成であるので、特徴部分のみの説明にとどめ、同じ機能の部分には図1と同一の参照番号を付すものとする。図2に示す本装置の特徴部分は、CVDチャンバ11上部の側壁を石英等誘電体材料からなるシリンダ12で構成し、この外周を大型のマルチターンアンテナ13で巻回した点にある。14はマルチターンアンテナ13に電力を供給するICP電源である。ベルジャ3およびシリンダ12は共に被処理基板1の中心軸に対し軸対象に構成する。したがってベルジャ3から発散するヘリコン波プラズマを、マルチターンアンテナ13の発生する磁界が効率よく引き出すとともにこれを閉じ込め、シリンダ12やCVDチャンバ11内壁と活性種との反応を抑制し、被処理基板に対し  $2 \sim 5 \times 10^{13} / \text{cm}^3$  の高密度プラズマによる均一なプラズマCVDを施すことが可能である。

【0034】本実施例では、上記プラズマCVD装置を用い、TEOS/H<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>を原料ガスとして用いてAl系金属配線上の層間絶縁膜を形成した例であり、これを同じく図3(a)～(c)を参照して説明する。

【0035】図3(a)、および図3(b)に示す被処理基板は実施例1と同じであるので説明を省略する。この被処理基板1を図2に示すプラズマCVD装置の基板ステージ2にセッティングし、一例として下記条件によりSiOF系層間絶縁膜23を形成する。形成後の状態が図3(c)である。

第2のガスシャワーリング10より

TEOS	20	sccm
H <sub>2</sub> O (水蒸気)	50	sccm
NH <sub>3</sub>	20	sccm

第1のガスシャワーリング9より

C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	20	sccm
O <sub>2</sub>	50	sccm

ガス圧力 0.13 Pa

ヘリコン波プラズマ電源パワー 2500 W (13.56 MHz)

ICP電源パワー 900 W (2 MHz)

【0036】上記プラズマCVD過程においては、まずヘリコン波プラズマ発生源での放電により、第1のガスシャワーリング9から供給するC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>とO<sub>2</sub>が解離し

て多量のOおよびFの活性種を含む高密度プラズマを形成する。この高密度プラズマを、ソレノイドコイルアセンブリ7の外周コイルが形成する磁界およびマルチターンアンテナ13が発生する磁界によりCVDチャンバ11に輸送する。一方、第2のガスシャワーリング10から供給するTEOS/H<sub>2</sub>Oは高密度プラズマにより気相中で効果的に中間重合体を生成し、この中間重合体はマイグレートしながら被処理基板上に堆積する。このとき、プラズマ中のFの活性種は一部堆積膜中に取り込まれるとともに、堆積膜中の-OH基やH<sub>2</sub>OからHをHFの形で引き抜く反応を促進する。一方、NH<sub>3</sub>はTEOSの脱水縮合反応速度を高めるとともに、プラズマ中に解離生成するN<sup>+</sup>によるカーボンの引き抜き反応に関与し、膜質を改善しながらSiOF絶縁膜を形成する。本実施例によれば、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、H<sub>2</sub>OおよびNH<sub>3</sub>の添加効果およびヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド型プラズマ発生源による高密度プラズマの相乗効果により、水酸基や残留カーボンおよび有機成分の少ないセルフフロー性に優れた低誘電率の層間絶縁膜が形成できる。

【0037】以上、本発明を2例の実施例をもって説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0038】有機シラン系ガスとしてTEOSを例示したが、Tetramethyl orthosilicate (TMOS)、Diacetoxy ditertiallybutoxy silane (DADB S)、Tetraethyl silane (TES)、Tetramethyl silane (TMS) 等他の有機シラン系ガスを適宜使用することができる。またこれら有機シラン系ガスにSiH<sub>4</sub>、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>等無機系のシランガスを添加してもよい。

【0039】またPH<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、AsH<sub>3</sub>やTrimethylphosphate (TMP)、Trimethylborate (TMB) 等の不純物ソースガスを添加してPSG、BSG、BPSG、AsSG等のシリケートガラスを形成することも可能である。

【0040】塩基性ガスとしてNH<sub>3</sub>を例示したがHydrazine (N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) やその誘導体、CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>、NH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>等のアルキルアミンを使用することも可能である。

【0041】F系ガスとしてC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>を用いたが、CF<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、SiF<sub>4</sub>やNF<sub>3</sub>等プラズマ中にFの活性種を生成しうるガスを用いることができる。

【0042】その他、希釈ガスとしてHeやAr等の希ガス、更に他のNO<sub>2</sub>やO<sub>3</sub>等の酸化剤を混合して用いてもよい。

【0043】高密度プラズマ発生源としてヘリコン波プラズマおよびヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド方式を例示したが、他にTCP、ECRプラズマ等1×



9

$10^{11}/\text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$  未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を任意に用いてよい。

【0044】前述の実施例は、Al系金属配線上の層間絶縁膜を形成する場合について例示したが、ポリシリコンやシリサイド、高融点金属等の配線材料層を用いる場合や、最終パッシベーション膜として用いる場合、さらにはトレンチアイソレーションをボイドの発生なく平坦に埋め込む場合等に適用することもできることは言うまでもない。

【0045】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば有機シラン系ガス、 $\text{H}_2\text{O}$ 、O系ガスおよびF系ガスとを主体とする原料ガスを用い、高密度プラズマCVD法により酸化シリコン系絶縁膜を形成することにより、下記の効果が得られる。

【0046】すなわち、従来のCVD法と比較して、膜中の残留水酸基、 $\text{H}_2\text{O}$ や有機物が少なく、セルフフロー特性に優れた酸化シリコン系絶縁膜を形成することが出来また塩基性ガスをさらに添加すれば、膜中の残留カーボンの低減が達成される。形成される酸化シリコン系絶縁膜は、Si-F結合を含むSiOF低誘電率膜である。

【0047】これらの効果により、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の微細な段差凹部でもボイドの発生なく埋め込むことが可能であると同時に、配線間容量が低減された高速デバイスを信頼性高く製造することが可能となった。成膜された酸化シリコン系絶縁膜は膜収縮やクラックの発生がないので、Al系金属配線を用いた場合にもアフターコーションやマイグレーションの発生の虞れがない。

【0048】以上の効果により、多層配線の多用により高段差を有する半導体装置の平坦化層間絶縁膜等の信頼性を高めることが可能となり、微細なデザインルールに

10

基づく高性能半導体装置の製造プロセスに本発明が奏する効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1用いたヘリコン波プラズマCVD装置の構成例を示す概略断面図である。

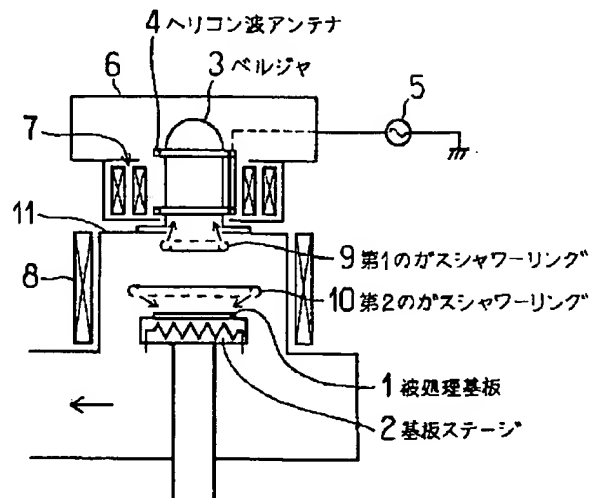
【図2】本発明の実施例2用いたヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド型プラズマCVD装置の構成例を示す概略断面図である。

【図3】本発明の実施例1および実施例2のプロセスを説明する概略断面図であり、(a)は層間絶縁膜上にAl系金属配線層を形成した状態、(b)Al系金属配線層をパターニングした状態、(c)は酸化シリコン系絶縁膜からなる平坦化層間絶縁膜を形成した状態である。

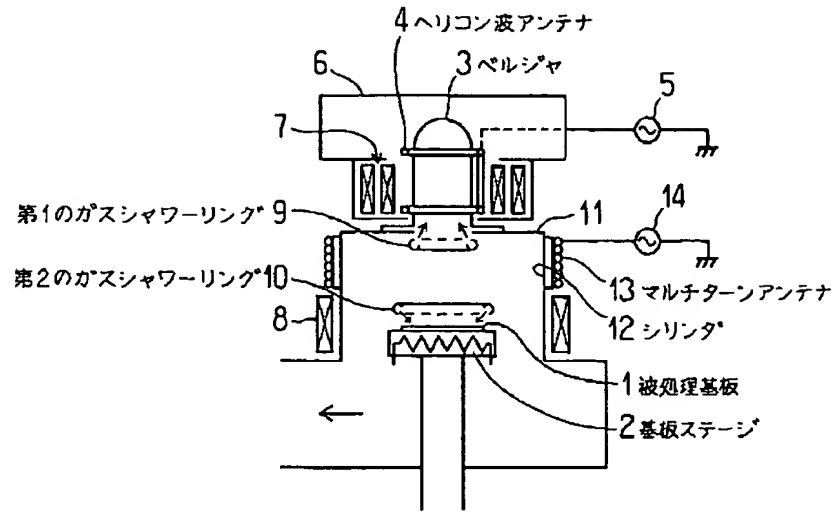
【符号の説明】

- |    |               |
|----|---------------|
| 1  | 被処理基板         |
| 2  | 基板ステージ        |
| 3  | ベルジャ          |
| 4  | ヘリコン波アンテナ     |
| 5  | ヘリコン波プラズマ電源   |
| 6  | マッチングネットワーク   |
| 7  | ソレノイドコイルアセンブリ |
| 8  | マルチポールアンテナ    |
| 9  | 第1のガスシャワーリング  |
| 10 | 第2のガスシャワーリング  |
| 11 | 被処理基板         |
| 12 | シリンダ          |
| 13 | マルチターンアンテナ    |
| 14 | ICP電源         |
| 20 | 層間絶縁膜         |
| 21 | 密着層兼バリアメタル層   |
| 22 | Al系金属配線層      |

【図1】



【図2】



【図3】

